

異なる水準への適用を可能にする「知識の有機的関連づけ」に関する教授学習心理学的研究

Teaching and Learning Psychological Study on Learners' Interrelating Knowledge which Enables the Application to Different Levels

授業実践開発コース 教授 黒岩 督
(KUROIWA Masaru)

教育コミュニケーションコース 准教授 吉國 秀人
(YOSHIKUNI Hideto)

静岡大学附属島田中学校 教諭 西本 保宏
(NISHIMOTO Yasuhiro)

小金井市立本町小学校 副校長 黒木 智道
(KUROKI Tomomichi)

南九州市立知覧小学校 教諭 小倉誠
(OGURA Makoto)

本研究の目的は、黒岩他（2013）で提起された「異なる単元どうしを関連づける授業の成果と課題」をふまえ、新たに工藤（2008）の「知識理解の3水準」論に基づいて、小学校と中学校における授業実践を通して、学習者内部に有機的な関連づけが成立する心的プロセスを実証的に解明することである。そのために平成25年度は、中学校理科において関連づけを意図した指導を組み込んだ授業実践の効果の詳細について検討するとともに、小学校の授業実践を通して、学習者内で異なる知識どうしが有機的に関連づけられる過程がどの程度生起するかの検証を行った。平成26年度は、小学校の授業実践を通して獲得された知識が、児童にとってどの程度制御的適用が可能となっているかを検証した。

キーワード：知識の関連づけ、知識の適用水準、教授学習過程、授業研究、誤前提課題

Key Words : interrelating knowledge, levels of knowledge application, teaching-learning process, class-work study, false premise task

1. 問題と目的

本研究の目的は、黒岩他（2013）で提起された「異なる単元どうしを関連づける授業の成果と課題」をふまえ、新たに工藤（2008）の「知識理解の3水準」論に基づいて、小学校と中学校における授業実践を通して、学習者内部に有機的な関連づけが成立する心的プロセスを実証的に解明することである。

従来の教授学習心理学的研究においては、異なる知識どうしの関連づけの成立が、学習のあり方や知識の適用方法に影響を及ぼすことが論じられている（例えば、佐藤，2006や工藤，2008）。これら一連の研究では、次のことが指摘されている。1. 外的な関連づけ操作を確保するだけでなく、実際に学習者内部で関連づけが成立しているか否かという学習者内要因へも注目することが重要である。2. 知識理解の評価には、従来のような再生課題と転移課題に二分されるような水準だけでなく、新たに知識の制御的適用が可能かどうかを測定する水準が用意される必要がある。しかしながら、この整理はあくまで大学生を対象に文章教材を用いた教授実験から得られた知見である。また、黒岩他（2013）においては、1. 異なる単元どうしを関連づける授業実践の効果については、一定の成果が得られたこと、2. その効果が生起するメカニズムや対応する内的（心理的）過程については、関連づけモデルの精緻化を通してさらに検討していく余地が残されていることが指摘さ

れている。

そこで本研究では、中学校理科と小学校生活科での教室学習を対象に、Figure1の授業実践のモデル図に従い、次の2つを目的に検討を行った。

1. 学習者内で異なる知識どうしが有機的に関連づけられる過程を明らかにする。
2. 異なる知識を有機的に関連づけることを促進する教授学習上の援助が、知識を制御的に適用するという発展的な推論過程を学習者内部に導出できるかについて検証する。

1年目の平成25年度は、主に1. 中学校理科において関連づけを意図した指導を組み込んだ授業実践の効果の詳細についての検討、2. 小学校の授業実践を通して、学習者内で異なる知識どうしが有機的に関連づけられる過程がどの程度生起するかを検証を行った。

2年目の平成26年度は、主に3. 小学校の授業実践を通して獲得された知識が、児童においてどの程度制御的適用が可能となっているかどうかについて検証を行った。

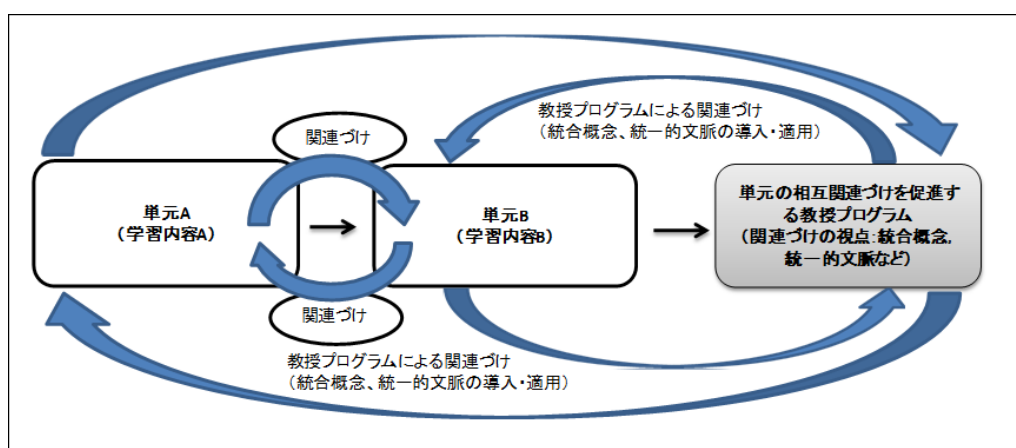


Figure1 授業実践のモデル図

2. 実践の方法と結果

検討1：中学校理科での授業実践の効果についての検討（平成25年度）

問題と目的

黒岩他（2013）は、「化学変化とイオン」単元の学習後に生じやすいといわれている「電池」場面と「電気分解」場面の間での「混乱」をとりあげ、これを解消するために「粒子」の視点（統合概念）によって単元間の関連づけの促進を図った授業を開発し、それが生徒の保持する電気概念の変容に及ぼす効果を検討した。

この単元では学習後、電気の流れを理解しようとしたとき、「電池」場面と「電気分解」場面での違いがとらえにくいといわれている。原因として、＋極（－極）と陽極（陰極）の用語の使い分け、陽イオン（陰イオン）と酸・アルカリなどの概念理解の問題とともに、「電流」（電池での電気の流れは電子の移動であること、電子は電流の向きと反対に流れている）、「回路」（電気が流れるためには輪になっていないといけない）と整合する形での学習内容の関連づけが自発的には生じにくいためではないかと考えられる。だとすれば、「混乱」を解消するためには、水溶液中のイオンと電極の間での電子の挙動を考える必要があり、既習事項である「電流」や「回路」についての保持概念も押さえながら、電子の受け渡しの方向性に注目して、2つの場面を統合的に関連づけることが有効性をもつと考えられる。

方法

静岡県島田市F中学校3年生3学級の生徒を対象に、それぞれ1学級ずつ、関連づけ群、準関連づけ群、統制群に割り当て、実践をおこなった。授業の前後での電気についての保持概念を把握するため2つの質問紙を用いた。1つは誤概念及び科学的概念の強さを測定するためのもの（調査1、

17 項目) で、もう 1 つは「乾電池の重さ」「豆電球がつくわけ」などを問うもの (調査 2, 5 問) であった。

結果と考察

調査 1 では前後の変容についての有意な群間差を認めることができなかった。さらに、その変容パターンを学習者を対応づけて検討したが、有意な群間差は認められなかった。調査 2 でも同様に有意な群間差は見いだされなかった。これらの結果は、いずれも授業前の時点ですでに学習者の保持水準が高かったためと考察された。対象とした学習者の学力水準は非常に高く、その分散も小さかったため、効果の一般化可能性は低いと考えられ、標準的な学力分布を示す学級での効果や適用可能性をあらためて検討することが課題となった。

調査 2 の各問題ごとに学習者を対応づけて検討した結果について、授業前後で回答が変化した生徒の人数に注目すると、関連づけ群と準関連づけ群では一定数の数 (10~15) が認められたのに対し、統制群ではほぼゼロであった。これは関連づけ群及び準関連づけ群の学習過程において、ある種の「概念的葛藤」が生じた可能性を示唆しており、これを確認するためには定量的分析のみでは限界があり、これらの学習者に焦点化した質的な分析を行うことも課題となった。

そこで、後者の課題について検討を加えることとした。相対的に変化が大きかった学習者を抽出するため、「誤答→正答」及び「正答→誤答」の変化があった問題数に対応させて学習者の人数分布を求めた (Table1,2,3)。

Table1 関連づけ群における授業前後での変化パターンの生起頻度の人数分布

誤答→正答(問題数) 正答→誤答(問題数)	誤答→正答(問題数)				
	0	1	2	3	4
0	8	14	0	<u>1</u>	0
1	7	6	<u>1</u>	0	0
2	<u>3</u>	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0

Table2 準関連づけ群における授業前後での変化パターンの生起頻度の人数分布

誤答→正答(問題数) 正答→誤答(問題数)	誤答→正答(問題数)				
	0	1	2	3	4
0	8	12	<u>3</u>	<u>2</u>	0
1	10	2	<u>1</u>	<u>1</u>	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	<u>1</u>	0	0	0	0

Table3 統制群における授業前後での変化パターンの生起頻度の人数分布

誤答→正答(問題数) 正答→誤答(問題数)	誤答→正答(問題数)				
	0	1	2	3	4
0	37	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0

そのうち変化があった問題数が多い学習者（Table 1,2 で下線を付した）の学習シート（「電池」場面と「電気分解」場面を同時に組み込んだ学習課題で使用了もの）の記述内容については、大きく2つに類型化できた。1つは「混乱の解消」（「ごちゃまぜになってしまっていたところがあったけれど、・・・と考えれば、しっかりと納得できた」「難しく考えてしまうことがあるけれどよく基本のイオンの動き、・・・を見ていければ、よく理解することができるといことがわかった」「似ているけどちがうんだということがはっきりわかった」「あいまいだったところがあったけど、深くまで考えることができた」）、もう1つは「疑問の発生」（「なんで物質は中性を保とうとするんですか」「静電気というものは発生しないような気がするんですが・・・」「2つを組み合わせただけで、しくみがとても複雑に見えてしまって、とても奥が深い」）と考えられる。今後は上の授業実践のモデル図に対応させてさらに分析していくとともに、上述の前者の課題についても検討することが必要である。

検討2：小学校生活科における授業実践を通した知識の関連づけ過程の検証（平成25年度）

問題と目的

本実践は、小学2年生を対象にして、世界の珍しいタネと日本の身のまわりのタネに散布の工夫がみられることについて、植物の生長に関する2つのはたらき、すなわち「個体維持」と「種族保存」の法則的知識と関連づけて理解させようとする取り組みである。

既に、これまでの教授学習心理学研究において、工藤他（2005）は、小学6年生を対象として、植物のライフサイクルに「タネの発芽」「花」「光合成」という小学校理科の学習内容を関連づけて学ぶ教授プログラムを作成し、その有効性を検証している。本研究では、新たに小学校理科の学習前である低学年児童を対象として、小学校理科への接続を十分に意識した小学校生活科植物に関する総まとめとして、「植物のタネの工夫」について学習が有機的な関連づけを伴って学習者内に成立するような教授プログラムの効果を検討する。

本実践のねらい

本実践では、小学2年生を対象に、世界の珍しい種子散布の工夫に関する事例や、日本の身のまわりで見られる種子散布の工夫に関する事例が、次の2つの関係と関連づけられるかを確かめる。ひとつは、タネから芽や根が出ること（「タネと発芽の関係」と呼ぶ）。もうひとつは、タネができる前に花がさくということ（「花とタネの関係」と呼ぶ）である。これら2つの関係を事例を通して考えさせることによって、種子散布と「タネと発芽の関係」や、種子散布と「花とタネの関係」という関連づけが、学習者内部にどの程度成立するかを検証する。

方法

学習者：K県M市立小学校2年生21名。このうち、後述する3つの調査（事前調査、中間調査、事後調査）のいずれにも参加した20名を、結果の分析対象者とした。

手続き：事前調査→授業1「世界のタネの工夫（2時限）」→授業2「日本のタネの工夫（3時限+約20分）」→中間調査→授業3「タネと発芽」及び「花とタネ」の授業（1時限+約20分）→事後調査の順に授業実践を行った。以下には、各調査及び授業の概要について説明を行う。

事前調査：（1）内包課題：タネに関する概念の内包の理解について正誤選択形式で測定した。7つの小問で構成されていた（例：タネは土にうえるものなので人は食べられない）。（2）外延課題：タネ及び花に関する概念の外延の理解について正誤選択形式で測定した。8つの小問で構成されていた（例：モミジには花がさく。）（3）「タネの認識」に関する自由記述課題。

授業1：内容は「世界のタネの工夫-遠くにちらばるタネ-」について取り上げた授業であった。発問構成の概略は、以下のとおりであった。1.人間にタネが全部食べられたら、植物たちはどんなことで困るか。お話「タネのやくめ」。2.「ハネフクベ」の絵や写真の提示。3.ハネフクベのタネの実物提示。4.ハネフクベのタネ散布について、ビデオ『旅をする種子』を視聴。5.ハ

ネフクベのタネが、うまく発芽する場所の予想。6. ハネフクベのタネが悪条件下に落ちた時の予想。7. ハネフクベ以外のタネが遠くにちらばる工夫のビデオ視聴。8. ハネフクベの紙のグライダー作り。なお、授業プラン作成にあたっては宇野（1997）を参考にした。

授業2：内容は「日本のタネの工夫」について取り上げた授業であった。発問構成の概略は、以下のとおり。1. 日本でタネをとばすニワウルシという植物のタネの工夫。2. イロハカエデのタネの工夫。3. カラスノエンドウのさやの工夫調べ。4. 木や野草のタネの工夫調べ。

中間調査：（1）内包課題：事前調査と同一の7問。（2）外延課題：2問（ハネフクベに花がさくか。ライオンゴロシに花がさくか）。

授業3：内容は「タネと発芽の関係」と「花とタネの関係」を事例と共に考えさせた授業であった。植物の生長に関するはたらきとして、清水・加藤（1973）が「個体維持」と「種族保存」と述べる2つについて、特にタネとの関係に注目して取り上げた。具体的には、「個体維持」のはたらきについては、モミジとドングリとヤシの事例を使いながら、タネから芽や根が出るという関係を示した（例：タネから芽を出しているモミジをみつけにいこう）。「種族保存」のはたらきについては、カラスノエンドウとドングリの事例を使いながら、タネが出来る前に花がさくという関係を示した（例：タネができる前には、その場所に、何があったのだろうか）。ただし、いずれの関係も、明確なルールの形では学習者に提示されなかった。

事後調査：（1）内包課題：事前と同一。（2）外延課題：事前調査と同一の8問と中間調査と同一の2問、計10問。（3）「タネの認識」に関する自由記述課題。

結果と考察

（1）内包課題について

事前、中間、事後の調査毎に正答数をまとめて、Table4に示す。

Table4 内包課題の正答数の変化（事前→中間→事後、カッコ内の数字は%）

小問	タネと発芽の関係に関わるもの	タネと発芽の関係及び花とタネの両方に関わるもの	花とタネの関係に関わるもの	その他のタネに関する概念に関わるもの			
	タネに芽や根のもとあり（○）	タネは仲間をふやすもの（○）	実やタネの前に花あり（○）	タネは食べられない（×）	タネは小さくまるい（×）	タネは土ないと芽でない（×）	タネは生きてる（○）
事前→中間→事後調査で正答した人数（%）	16(80)→19(95)→18(90)	16(80)→19(95)→18(90)	5(25)→6(30)→12(60)	9(45)→14(70)→9(45)	14(70)→18(90)→16(80)	10(50)→17(85)→15(75)	12(60)→11(55)→16(80)

「タネと発芽の関係」に関する小問と、2つの関係に関わる小問では、事前、中間、事後ともに8割以上の高い正答率が見られた。「個体維持」についてはほぼ十分な理解状態であった。一方、「花とタネの関係」に関する小問では、事前の正答者は5名（25%）、中間でも6名（30%）と低かった。種子散布の工夫の事例を取り上げた授業1と授業2の実施後でも、花を咲かせてタネをつくるという「種族保存」のはたらきまでは、理解の範囲が拡大していなかったといえる。そこで授業3で「タネと発芽の関係」と「花とタネの関係」を事例とともに考えさせたところ、事後調査では正答者が12名（60%）にまで増した。正答率が6割と充分とはいえないが、授業3の実施によって、「種族保存」のはたらきにまで理解の範囲が拡大された児童がある程度存在したことが示唆された。さらに「タネと発芽の関係」に関する小問、「花とタネの関係」に関する小問、両方の関係に関する小問の3つに正答した得点を、3点満点で算出した。3点満点の学習者は、事前で4名、中間で5名だったが、事後では10名見られた。上記で考察した「種族保存」のはたらきへの理解拡大と整合する結果といえよう。

（2）外延課題について

外延課題のうち、事前及び事後に共通して実施した4つの植物について正答数の変化を調べTable5に示す。

Table5 外延課題 4 植物の正答数（事前→事後）

	モミジ に花あり	モミジに タネあり	カラスノエ ンドウに 花あり	カラスノエ ンドウに タネあり	タンポポ に花あり	タンポポ にタネ あり	ハクサイに 花あり	ハクサイに タネあり
事前 → 事後で 「正答」した 人数(%)	3(15) ↓ 16(80)	17(85) ↓ 20(100)	10(50) ↓ 17(85)	16(80) ↓ 19(95)	19(95) ↓ 20(100)	19(95) ↓ 20(100)	14(70) ↓ 15(75)	3(15) ↓ 13(65)

事前で正答率が低かったモミジやカラスノエンドウの花も事後では8割以上の者が正しく予想できた。授業で実物を提示しなかったハクサイのタネも事前 15%→事後 65%へと、タネの存在を予想できた者が増加していた。

次に、中間と事後の調査で共通に実施した2植物についても、正答数の変化を調べた。ハネフクベに花が咲くと正しく予想した学習者は中間8名（40%）→事後8名（40%）、ライオンゴロシに花が咲くと予想した者は中間7名（35%）→事後7名（35%）であった。日本の身のまわりの植物については、「花とタネの関係」に基づいた推論の可能性が拡大されていたことが伺えたが、世界の珍しい植物にまでその推論が拡張するためには、例えば「タネと発芽の関係」に基づいて確認するなどの活動が必要なのかもしれない。

「タネの認識」に関する自由記述も併せて、発展的な推論過程が学習者内部にどの程度導出されていたかを検討することが、今後の課題である。

検討3：小学校総合的な学習の時間の授業実践で獲得された知識の制御的適用過程の検証（平成26年度）

問題と目的

上記検討2では、小学生の学習者内で異なる知識どうしが関連づけられる過程がどの程度生じするかを検討した。その結果、学習者の自由記述も併せて、「発展的な推論過程が学習者内部にどの程度導出されていたかを検討すること」が課題とされた。

この検討3では、その課題を克服すべく、工藤（2008）が「知識の関連づけを促進する教授の効果を最も鋭敏に検出できる」と論考した「誤前提課題」を活用することにした。なお、工藤（2008）によって論考された実験は、全て大学生を被験者として「誤前提課題」が実施されているため、「学習者が大学生以外の場合」や「通常の授業形式にもとづく教授活動を対象にした場合」は、どのような結果を示すかを明らかにすることは、教育実践上の観点のみならず、教授学習心理学的研究の理論拡大の観点からも、意義があると考えられる。

方法

学習者：K県M市立小学校5年生 22名。

手続き：事前調査→授業1「栽培植物の不思議を学ぼう トウモロコシ編（2時限）」→授業2「栽培植物の不思議を学ぼう イネ編（2時限）」→事後調査→補足解説「花とタネについてのスライド上映」という構成で授業実践を行った。授業実践は、共同研究者のうちの1名が担当した。

以下には、各調査及び授業の概要について説明を行う。

事前調査：外延課題、内包課題、「誤前提課題」（イネを事例とした形式）の3つの課題から構

成されていた。(1) 外延課題：8つの植物(イネ、トウモロコシ、タンポポ、ムギ、クヌギ、綿、インゲンマメ、マツ)について、①花があるか②タネがあるか③オシベ・メシベがあるかの判断を求めた。それぞれの植物毎に、あると思うものには○、ないと思うものには×、わからないものには？を記入してもらった。(2) 内包課題：タネに関する概念の内包の理解について正誤選択形式で測定した。7つの小問で構成されていた(例：ご飯で人が食べている部分は、イネのタネである)。

(3) 「誤前提課題」：工藤(2008)における定義，すなわち「学習材料の内容と矛盾する誤った前提にもとづく質問に対して答えるよう，学習者に求める形式の課題(p.40)」に基づいて，今回新たに小学生を対象とした調査用に作成された課題であった。事前調査では，全ての学習者に対してイネが事例である形式の課題へ回答を求めた。課題は「4年生の子から『イネは，花も咲かせないしタネもできない植物でしょう・・・，不思議だわ。だって，もしそうだとしたら，イネという植物は，どうやって子孫をふやすの？ねえ，教えて！』って聞かれました。あなたはイネについて，どんなことをお話しあげますか？お話を考えて書きましょう。」という概要であった。

授業1： 内容は「栽培植物の不思議を学ぼうーイネ科の主食 トウモロコシー」を取り上げた授業であった。授業内では，東映教育映画部(1984)ビデオ「花から実へートウモロコシのひみつー」の一部を視聴した。授業プランは，以下のような12の発問から計画されていた。以下には，発問の概要を示す。

1. ここにあるのは，トウモロコシ。みんな焼いたり，ゆでたりしておいしく食べたことがあるでしょう。このトウモロコシをもっともっとたくさん手に入れたいなあ。どうすればいい？
2. トウモロコシは，どこで栽培して作るのだろう？田んぼかな，畑かな？
3. トウモロコシは畑でつくります。タネを畑にまいて芽や根をださせるのです。トウモロコシのタネは，どこだろう？君はどう思いますか？これが，トウモロコシのタネです。私たちが食べるひとつひとつの粒がトウモロコシのタネなのです。
4. トウモロコシのタネの中を詳しく見てみよう！前のスライドの写真は，トウモロコシのタネを半分に切ったところです。”芽や根になるところ”はどこだろう？残りの大きな部分はなんだろう？これは，芽や根のための養分です。デンプンなど発芽のための栄養がタツプリはいつているところです。
5. トウモロコシのタネは春にまきます。1週間程たつと，根や芽がでてきます。芽や根が出る様子を，動画で見てみよう。トウモロコシのタネの中にあった養分は，どうなっていくだろうか？変わらないだろうか？減るだろうか？増えるだろうか？どうしてそう思いましたか？
6. 葉ができるようになるころ，養分はすっかりからになります。今度は葉などの緑色の部分，光を利用し，自分で栄養をつくって生長することができるようになるのです。7月頃になると，茎の先から，緑色の穂がいっせいにではじめます。トウモロコシには，花は咲くのだろうか。もし咲くとしたら，どんな花がさくのだろうか？
7. トウモロコシにも花がさきます。トウモロコシの花には花びらはありません。でもちゃんと，おしべのある「雄の花」とめしべのある「雌の花」をさかせます。雄の「花」の写真を見てみよう。
8. おしべの花粉が，めしべの先にくっつくともしべの根元のタネのあかちゃんがふくらんでタネになります。たくさんめしべの1本1本が根元のタネのあかちゃんにまでつながっているでしょう。実際のトウモロコシのでもめしべをそっとたどろう。根元のタネにまでつながっているかな？
9. 花粉がついためしべのねもとのタネのあかちゃんが，やがてしだいにふくらんでいきます。ひげのようなめしべがでて花粉がつき，20日前後でタネがぎっしりついたトウモロコシが収穫できます。ビデオで見てみよう。
10. トウモロコシは，イネ科の植物です。収穫したタネの中の養分を，私達人間が食べて利用し

ています。世界では、トウモロコシを主食として食べている人達がいる。どんな国の人々だろうか。1984 年「世界食事絵図」を見よう。これは、どこの国の人々が、どんな穀物を使った食事をしているかを、示した図です。トウモロコシを食べている人は、どのへんに多いか

11. (もし、時間がゆるせば) トウモロコシを粒のまま、粉にして焼いたものを、実際に食べてみよう。

12. 数えてみたらひとつのタネから約 500 粒にもなるという。本当か食べながら確かめよう。農家の人たちは、このタネを全部食べてしまっていていいのかな？

授業 2: 内容は「栽培植物の不思議を学ぼうーイネ科の主食 イネ」を取り上げた授業であった。授業では、守矢登 (2000)「科学のアルバム イネの一生」の写真の一部を提示した。

授業プランは、以下のような 17 の発問から計画されていた。以下には、発問の概要を示す。

1. 手のひらにのっているのは、なんだろう？もみがらをとってみよう。

2. これは、みんなが食べているごはんのものと「米」、イネのタネです。これはなんだろう？これはイネの穂、いくつものイネのタネがついています。みんなは、春にイネの田植えをしましたね。他に、これまで、どんなことをしましたか？

3. ビーカーに入っているのはイネのタネです。何をしているのだろう。下に沈んだ重いタネをたくさんまいてイネを育てます。いつタネをまけばいいだろう？寒い冬がいいかな？暖かい春がいいかな？

4. タネをたてに切りました。タネの中には何があるのかな？切ったタネを大きくして見ましょう。芽や根になるところはどこだろう？残りの大きなところは何だろう？それは養分です。芽や根をだすための栄養です。この養分を使って、イネは大きくなっていきます

5. さあ、芽と根がでてきました。水がうんとすすめるように、根には細かい毛のような根がたくさんはえています。どちらが根かな？どちらが芽かな？

6. 5 月になると、イネは大きくなります。ずいぶん根も芽ものびましたね。芽や根がのびただけかな？根の数や芽の数は変わっていないかな？養分はまだあるかな？タネにあった養分を使い切ったイネは、自分で栄養を作らなければなりません。お日様の光が、たくさん必要なんだよ。

7. イネが大きくなってきたら、いよいよ田植え。これは 6 月の田植えの写真です。ずいぶん、あいをあけて植えるんだね。どうしてまとめて植えないんだろう？

8. 梅雨の頃の写真です。イネの育ち方はどうだろう？たっぷり水をえて、イネとイネの間がきゅうくつになるほど、葉っぱがふえたね。根っこもふえたかな？

9. 夏が終わる頃、田んぼの様子はまたまた変わってきます。穂は見えるかな？もっと近づいて見てみよう。

10. トウモロコシには、花がありましたね。じゃあ、イネにも花ってあるのかな？これはイネの穂です。イネの花がたくさん集まってできています。イネも、花のあとに、やがてタネができます。イネの花にも、めしべはあるかな。おしべはあるかな。

11. これがイネの花です。花びらはないけれど、おしべもめしべもちゃんとあります。イネのお花見をしようと思ったら、どのくらいの間できるのだろう？イネの花は、何日も咲いていると思いますか？

12. イネのお花見は、たったの 2 時間しかできません。自分のおしべの花粉をめしべにつけて、すぐに閉じてしまいます。学校の 2 時間目頃に花が開き始め、給食の頃には閉じてしまいます

13. イネの花のめしべに花粉がつくと、めしべの根元がどんどんふくらんで、そのなかにタネができます。タネができ上がるまで何日ぐらいかかるかな？

14. 秋、タネの中が養分でいっぱいになって、イネがおじぎをするようになると、待ちに待った取り入れです。今はバインダーやコンバインを使って、取り入れます。春にまいたひと粒のタネから、秋に何粒ぐらいのタネがとれるのかな？10 粒ぐらいかな？100 粒ぐらいかな？それとも 1000 粒より多いかな？ササニシキの一粒のタネは一本の苗になり、分けつして 20 の穂

をつけます。1つの穂には80粒のタネがつきます。そこで、(1つの穂あたりのタネの数：80粒) × (穂の数：20) = 1600，合計で1600粒ものタネができるのです。

15. イネも、トウモロコシも、どちらもイネ科の植物です。収穫したタネの中の養分を、私達人間が食べて利用しています。世界では、日本のようにイネを主食として食べている人達がいる。どんな国の人々だろうか。1984年「世界食事絵図」を見よう。これは、どの国の人々が、どんな穀物を使った食事をしているかを示した図です。イネを食べている人は、どのへんに多いかな？

16. (もし、時間がゆるせば) イネ(お米)の粉をすりつぶして、細い麺にしたものがあります。フォーという食べ物です。食べたことがあるかな？実際に食べてみよう。生春巻きなどに使う、ライスペーパーを知っていますか？イネ(お米)の粉をねって、薄く伸ばし、蒸したのちに乾燥させたものです。水にもどして使います。実際に食べよう。

17. 数えてみたらひとつのタネから合計で1600粒にもなるといふ。農家の人たちは、このイネのタネを全部食べてしまっているのかな？

なお、これら授業プランの作成にあたっては、小松・町田・吉國・多田(2003)の資料、東北大学教育学研究科宇野忍研究室所蔵「紙芝居教材イネの一生」、極地方式研究会テキスト(1984)「世界の農業、世界の食料」を参考にした。

事後調査：外延課題、内包課題、「誤前提課題」、これら3つの課題から構成されていた。このうち、事前調査と異なっていたのは、「誤前提課題」のみであった。事後調査の「誤前提課題」は、後述する事前調査の回答タイプも考慮した学習者の群分けを行った上で、「授業で取り上げたイネ科のイネを事例とした形式の質問」か「授業で取り上げていないイネ科のムギを事例とした形式の質問」のいずれかひとつに取り組んでもらった。ムギを取り上げた課題の概要は、「4年生の子から『ムギは、花も咲かせないしタネもできない植物でしょう・・・、不思議だわ。だって、もしそうだとしたら、ムギという植物は、どうやって子孫をふやすの？ねえ、教えて！』って聞かれました。あなたはムギについて、どんなことをお話してあげますか？お話を考えて書きましよう。」というものであった。「誤前提課題」は、授業後の児童が授業で取り上げた事例に対して、工藤(2008)が指摘した「推論過程それ自体を制御する能力」をどの程度示すことができるのか、さらには授業で取り上げていない事例に対しても「推論過程それ自体を制御する能力」を示すことができるのかを確かめる目的で実施された。

補足解説：外延課題及び「誤前提課題」で用いた8つの植物について、それぞれ「花」の写真と「タネ」の写真がスライドで提示され、補足説明が行われた。「誤前提課題」文の前提部分の記述について、実際は「花もあること」「タネもあること」が正しいことを、写真を見て確認してもらったうえで実施された。

結果と考察

計2回実施した調査と、授業1、授業2の結果について、分析及び考察を行う。

(1) 内包課題について

事前および事後の調査毎に正答数をまとめて、Table6に示す。

Table6 内包課題の正答数の変化(事前→事後、カッコ内の数字は%)

	1.ご飯はタネ	2.トウモロコシ食べてるのはタネ	3.どんなタネも芽や根のもとも持ってる	4.どのタネも小さく丸い	5.実やタネの前は花さく	6.タネは仲間ふやすためのもの	7.タネは人が土に埋めないで芽でない
正答数(%)	14(64)→22(100)	15(68)→21(96)	19(86)→19(86)	21(96)→20(91)	9(41)→14(64)	16(73)→20(91)	17(77)→16(73)

事前では、イネ科の栽培植物であるイネとトウモロコシについて、普段食べている部分がタネで

あるとの認識している者は 7 割に満たず充分とはいえない状態だった。授業後には、いずれも高い正答率が得られた。また、「花とタネの関係」に関する小問については、事前の正答者は 9 名(41%)、授業後でも 14 名(64%) 正答率が約 6 割であった。さらに、参考までに内包課題の 7 つの小問について、正答した場合には各 1 点を与え計 7 点満点で平均点を算出したところ、事前 5.05

(SD=1.12) から事後 6.0 (SD=.82) へと平均値に有意な伸びが見られた ($t=3.38, df=21, p<.01$)。

(2) 外延課題について

各植物毎に、「花がある」、「タネがある」、「オシメ・メシベがある」と回答した場合を正答として、事前および事後の正答数をまとめて、Table7 に示す。

Table7 外延課題の正答数の変化 (事前→事後, カッコ内の数字は%)

	イネ	トウモロコシ	タンポポ	ムギ	クヌギ	綿	インゲンマメ	マツ
花ある	5(23)→20(91)	18(82)→19(86)	21(96)→21(96)	5(23)→14(64)	7(32)→10(46)	11(50)→18(82)	18(82)→19(87)	6(27)→10(46)
タネある	12(55)→20(91)	19(86)→21(96)	19(86)→22(100)	12(55)→18(82)	12(55)→18(82)	13(59)→17(77)	19(86)→16(73)	11(50)→15(68)
おしべめしべある	12(55)→19(86)	17(77)→22(100)	12(55)→19(86)	11(50)→21(96)	6(27)→12(55)	9(41)→18(82)	16(73)→19(86)	4(18)→13(59)

本授業以前に 5 年生授業内にて、花とタネの写真を提示したことがあると、授業担当者から事前情報が得られた植物は、イネとトウモロコシであった。本授業以前にタネの実物が提示されたことがある植物は、綿とインゲンマメであった。本授業以前に花の写真が提示されたことがある植物は、マツであった。ムギ、タンポポ、クヌギは、本授業前に花やタネを提示したとの情報は得られていなかった。事前の外延課題におけるイネ、綿、マツ、クヌギ、ムギについては、花やタネやオシベ・メシベあるとの回答がそれぞれ 6 割に満たず、外延課題の形式にて回答を求められた場合は花やタネやオシベ・メシベの存在が必ずしも十分に認識されているとはいえない状態であった。栽培植物の不思議をとりあげた授業 1 (トウモロコシ編) と授業 2 (イネ編) の後には、イネや綿について 7 割から 9 割の多くの学習者が外延課題で花やタネやオシベ・メシベあると正答することができていた。さらに本授業内でも花やタネを提示していないムギについても、8 割から 9 割の学習者が事後調査の外延課題ではタネやオシベ・メシベの存在について正しく予想できていた。ただし、ムギの花の存在について予想した者は 6 割ほどの学習者であった。

(3) 「誤前提課題」の回答変化の様相について

「誤前提課題」の回答を、以下のように「花があるという指摘の有無」、「タネがあるという指摘の有無」の 2 つの観点の主たる基準として、タイプ分けを行った。具体的には、以下の 6 つにタイプ分けを行った。

タイプ 1 とは、「花もさかせること、及び、タネもできることを、両方とも明確に指摘している」回答の型である (例: ①いねには花があるよ! お米の部分は、花からできていて、花がさき終わったら、お米になるんだよ! 花の色はむらさき色で、大きさはと一つでも小さい花だよ! だから「花は、さかない」と思ってしまうんだヨ! ②いねには種があるよ! 自分たちが食べるお米が、種だよ! だから、いねには、種も花も、あるんだよ!)。

タイプ 1' とは、「おしべめしべがあること、及び、タネがあることに言及している」回答の型である (例: ムギの種は、私たちが食べている部分だと思うよ。ムギがまだ小さいつづの上のところに、めしべとおしべがあって、受料 (*原文のまま) したら、種になるんだよ。)。

タイプ 2 とは、「タネができることを明確に指摘しているが、花をさかせることは指摘していない」回答の型である (例: "みんなは、理科でならったトウモロコシの育ち方を知っているよね! イネはトウモロコシと同じ育ち方なんだ!! そしてトウモロコシもイネも、食べる部分が子

孫（種）になっているんだよ～！1つぶ1つぶが、1個の種になっているんだよ！"）。

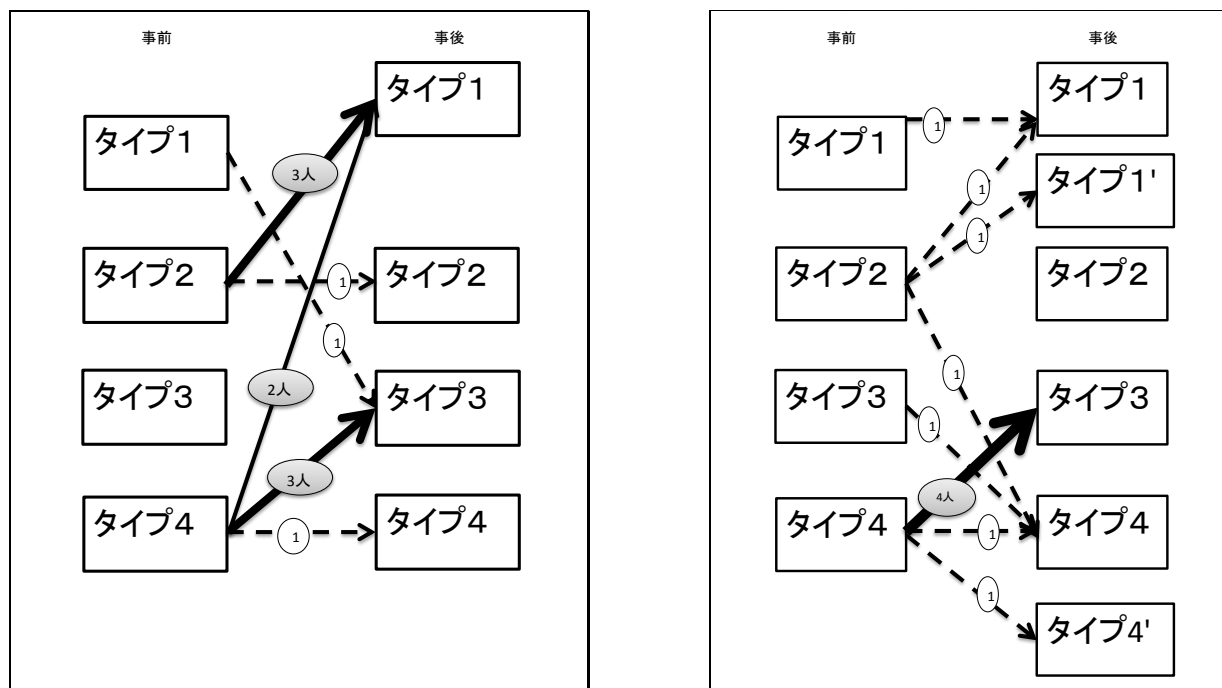
タイプ3とは、「花をさかせること または オシベ・メシベがあることを明確に指摘しているが、タネで子孫をふやすことは指摘していない」回答の型である（例：オシベとメシベがあれば、花は咲く。実は、本当は、花が見えない所でさいてるんだ！！ムギは、ちゃんと、咲く。）。

タイプ4とは、「タネができることも、花をさかせることへも指摘はない」回答の型である（例：最初は、くきが1本だったけどあとからどんどんよこからくきがでてくる。から、花も咲かせないし、タネもできないけど子孫がふえる。）。

タイプ4'とは、「花もさかせないしタネもできないとしているが、オシベメシベには言及している」回答の型である（例：ムギは、たしかに、花もさかせないし、タネもできないよね。でも、ムギという植物は、イネと同じで成長していくうちに、子孫がふえていく。おしべとめしべがあって、おしべから出た花粉がめしべについて、それが受粉して、子孫が出てきて、ムギは子孫を作り出しているんだよ。）。

事後調査の「誤前提課題」については、事前調査はイネの事例で質問し、事後もイネの事例で質問する形式だった「イネ-イネ群」11名と、事前はイネの事例で質問し事後はムギの事例で質問する形式だった「イネ-ムギ群」11名の2群に分けられていた。22名の学習者が、事後調査用紙の配付前に無作為に抽出され2群へ振り分けられた。ただし、事前調査の回答タイプによる大きな偏りが生じないように留意するため、事前の回答タイプによるマッチングが予め行われていた。

「誤前提課題」の回答タイプが事前から事後へとどのように変化したかについて、「イネ-イネ群」と「イネ-ムギ群」の結果を、Figure2に示す。



「誤前提課題」イネ-イネ群（11名）

「誤前提課題」イネ-ムギ群（11名）

Figure2 「誤前提課題」の回答タイプの変化（事前→事後，図中の数字は人数）

「誤前提課題」について、事前も事後も同一のイネの事例で質問する形式の場合（イネ-イネ群）においては、授業後の5年生11名中5名が、実際はイネに花もタネもあるのだという正しい内容を下級生に向けて教示する回答（タイプ1）が行えていた。このうち2名は、事前にはタネも花に

についても指摘がなかった（タイプ4）学習者だった。事後のイネ-イネ群では、タネにも花にも指摘がない回答（タイプ4）は11名中1名のみであった。

さらに「誤前提課題」のイネ-ムギ群、すなわち、事前はイネで事後はムギで質問する形式の場合においても、授業後の5年生11名中2名が、（本授業では扱わなかった事例の）ムギに花もタネもあるのだという正しい内容を下級生に向けて教示することができた（タイプ1）。おしべめしべがあること、タネがあることに言及した（タイプ1'）は1名に見られた。

このように、本授業前後において、5年生児童の「誤前提課題」への回答タイプの変化を示すことができた。学習者内部の発展的な推論過程が測定できるよう、新たに2種類の「誤前提課題（イネ-イネ群、イネ-ムギ群）」を調査に組み込んだ本授業実践によって、従来の大学生のみならず小学生を対象にしても「知識の制御的適用」の様相を測定しうる可能性が示唆されたといえる。今後はさらに、2種類の「誤前提課題」での記述内容を中心に、他の課題（内包課題、外延課題）の結果との突き合わせを行い、児童における有機的な関連づけの成立プロセスの実証的解明を行う。

3. まとめと今後の課題

本研究の目的は、工藤（2008）の「知識理解の3水準」論に基づいて、小学校と中学校における授業実践を通して、学習者内部に有機的な関連づけが成立する心的プロセスを実証的に解明することであった。そのために次の2つのことを行った。1. 学習者内で異なる知識どうしが有機的に関連づけられる過程を明らかにすること。2. 異なる知識を有機的に関連づけることを促進する教授学習上の援助が、知識を制御的に適用するという発展的な推論過程を学習者内部に導出できるかについて検証すること。

平成25年度には、関連づけを意図した指導を組み込んだ中学校理科の授業実践の効果の詳細を検討した。さらに小学校生活科で「植物のタネの工夫」についての学習が有機的な関連づけを伴って学習者内に成立するような教授プログラムを開発し、学習者内部で知識関連づけの過程がどの程度生起するかを検証した。課題として、「授業実践のモデル図」の授業を通しての具体化、及び発展的な推論過程が学習者内部にどの程度導出されていたかを検討することが挙げられた。

平成26年度には、学習者内部の発展的な推論過程が測定できるよう、新たに「誤前提課題」を調査に組み込んだ授業実践を行った。その結果、小学校総合的な学習の時間における授業前後の回答タイプの変化の実態を明らかにすることができた。これまで大学生を対象とした学習場面で活用されてきた「誤前提課題」が、小学生を対象とした授業場面においても、工藤（2008）が「知識理解の3水準」論で指摘した「知識の制御的適用」の様相を測定可能であることが示された。

今後の課題は、小学校及び中学校において「関連づけを伴った学習が成立する教授プログラム」の開発と授業実践を行い、その中で児童・生徒が知識を制御的に適用するプロセスについてのさらなる検討を行うことにより、学習者内部に有機的な関連づけが成立する心的プロセスの一端を実証的に解明することである。

4. 引用文献

- 小松洋一・町田和恵・吉國秀人・多田司（2003）「鹿児島県立短期大学 公開講座 資料トウモロコシの一生を見よう！」&「鹿児島県立短期大学 公開講座 資料イネの一生を見よう！」
- 工藤与志文・宇野忍・白井秀明・荒井龍弥（2005b）小学生の植物単元学習における単元間の「縦断的関連づけ」の効果 教授学習心理学研究, 1（2）, 76-88.
- 工藤与志文（2008）「誤前提課題」を評価課題として用いた教授学習実験の概要と展望 日本教授学習心理学研究 4(1),40-49.
- 黒岩督・吉國秀人・西本保宏・黒木智道・小倉誠（2013）単元間の縦断的関連づけに注目した授業の開発（2）—中学校3年理科「化学変化とイオン」単元での実践— 日本教授学習心理学

- 会第9回年会予稿集,50-51.
- 極地方式研究会テキスト(1984)「世界の農業,世界の食料」
- 守矢登(2000)「科学のアルバム イネの一生」あかね書房
- 佐藤康司(2006)関連づけの成立と認知的能動性が学習に及ぼす影響 教授学習心理学研究,1(2),
49-58.
- 清水芳孝・加藤俊一(1973)『花ー生殖と遺伝ー』評論社
- 東映教育映画部(1984)ビデオ「花から実へートウモロコシのひみつー」
- 東北大学教育学研究科宇野忍研究室所蔵「紙芝居教材イネの一生」
- 宇野忍(2007)授業プラン『遠くにちらばるタネ』(無学年教材)「わかる授業の創造」編集委員会『わかる授業の創造』Vol.3,No.4,38-44.
- 吉國秀人・黒岩督・小倉誠・西本保宏・黒木智道(2014)知識の内的関連づけをねらいとした授業の開発ー小学2年「タネの工夫」の授業実践を通してー 日本教授学習心理学会第10回年会予稿集,14-15.